Münster i/W. 1934. № 176 Med Diss.

Aus der Hautklinik der Medizinischen Akademie Düsseldorf.
(Direktor: Prof. H. Th. Schreus).

Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung von Grenzstrahlen auf die Wurzel der Pferdebohne.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Würde eines doctor medicinae
durch die
Medizinische Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität
in Münster
in Gemeinschaft mit der Medizinischen Akademie in Düsseldorf.

Vorgelegt von
Franz Oehmen
aus Kevelaer.

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i.W.

1934

gez: Manteufel
Rektor der Medizinischen
Akademie Düsseldorf.

gez.: von Szily
Dekan der Medizinischen
Fakultät Münster.

gez.: Schreus
1. Berichterstatter.

gez.: Stühmer
2. Berichterstatter.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Akademie in Düsseldorf und der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster.

Die zahlreichen Methoden der biologischen Röntgenstrahlendosierung und vor allem die große Zahl der biologischen Reagentien lassen erkennen, daß keine dieser Methoden Anspruch darauf hat, allen vielseitigen Forderungen zu genügen, welche die Forschung zu stellen hat. Das erste biologische Reagenz war natürlich die menschliche Haut, aber es wurde des öfteren darauf hingewiesen, wie wenig geeignet diese dazu ist (Holthusen, Schreus, Miescher u. a.). Schreus weist vor allem darauf hin, daß der Sensibilitätskoeffizient der Haut eine starke Abhängigkeit von der Strahlenhärte zeigen muß, je nach der Gefäßversorgung in der Tiefe. Außerdem ist die Empfindlichkeit der Haut in den verschiedenen Körpergegenden sehr verschieden. Unterschiede bis zu 40 % kommen vor, individuelle Unterschiede betragen 10 % und mehr (Schreus, Wintz u. a.). Ein weiterer Fehler, auf den Holthusen hinweist, ist der, daß nur eine einzige Reaktionsstufe mit wünschenswerter Schärfe abzulesen ist. So findet man denn bald in der Röntgenliteratur als biologische Reagentien die verschiedensten Pflanzenkeimlinge, ferner: Askarideneier, Froscheier, Impftumoren, Mäuse, Oxyhaemoglobin, um nur einige zu nennen.

Auch heute erscheint es nicht überflüssig, bei weitgehend genauen physikalischen Meßmethoden, noch biologische Methoden heranzuziehen, die allerdings, was ihre Dauer und auch ihre Methodik angeht, viel komplizierter sind als die physikalischen. Nötig ist dies bei Beantwortung der Frage, in welchem Verhältnis physikalische Einheit und biologische Wirkung zueinander stehen. Nachdem die Frage: „reagiert die Zelle auf verschieden harte Röntgenstrahlen verschieden“ einmal aufgeworfen war, ist sie häufig beantwortet, aber nie eindeutig geklärt worden. 1920 schrieb Holthusen: „Immer handelt es sich um einen Vergleich verschiedener Strahlungen und die Schwierigkeit liegt in der Frage, welchen gemeinsamen Maßstab wir an die verschiedenen Strahlungen legen sollen.“ Die Einführung der Standardisierung der Dosismessung (Behnken und Küstner) gibt uns diesen „gemeinsamen Maßstab“ an die Hand, so daß, abgesehen von einer eventuellen Verschiedenheit des Vorganges von Jonisation der Luft und dem, wie auch immer beschaffenen Vorgang der biolo-

gischen Strahlenwirkung, die Frage: ist die biologische Wirkung eine Funktion der Wellenlänge, heute auf gleiche jonisatorische Wirkung zu beziehen ist. Vor Einführung der wellenlängenunabhängigen Kammern, wie sie nach den Untersuchungen von Küstner und Behnken hergestellt wurden, war die Dosis in starkem Maße eine Funktion der Strahlenhärte und der verwandten Jonisationskammern. Allerdings haben auch diese wellenlängenunabhängigen Kammern für das Gebiet des in der Therapie benutzten Stahlenbereiches es nicht erreicht, daß Einigkeit der Angaben über die zur Erreichung des Hauterythems notwendige „r" Zahl erzielt wurde. Darum sind heute noch gerade für die Frage der Wellenlängenunabhängigkeit biologischer Wirkungen der Röntgenstrahlen möglichst verschiedene biologische Methoden nicht zu entbehren.

Regaud und Nogier waren wohl die ersten, die darauf hinwiesen, daß die menschliche Haut von stark gefilterten Strahlen mehr verträgt als von ungefilterten. Die Widerstandsfähigkeit der Haut vermindert sich bei gleicher Farbenstärke des Chromoradiometers im selben Maße, als man Filter von geringerer Dicke als 4 mm Al benutzt. Bumm und Warnekros berichten 1914 ähnliches: sehr harte Strahlen verträgt die Haut in ungeheuren Dosen im Gegensatz zu weichen. Es sind dann in der Folgezeit zahlreiche Angaben über die E. D. bei weichen und harten Strahlen gemacht worden. Teilweise wurden ganz enorme Unterschiede gefunden. Bachem gebrauchte z. B., mit dem Fürstenau Intensimeter gemessen, bei weichen Strahlen 70 F., bei harten 400 F. Zu erwähnen sind noch die immer wieder zitierten Ergebnisse Krönings und Friedrichs, die nach sehr eingehenden Untersuchungen feststellten, daß eine Änderung der biologischen Wirksamkeit mit der Wellenlänge nicht eintritt, sondern daß nur die absorbierte Energie maßgebend ist. Wir können uns darauf beschränken, im Folgenden die Ergebnisse der letzten Jahre anzuführen, die nach Einführung der „r" Einheit in die Röntgentherapie gefunden wurden.

Aufgrund einer groß angelegten Umfrage über die zur Erreichung der H. E. D. an den verschiedenen deutschen Instituten nötige „r" Zahl erhielt Küstner im Jahre 1927 sehr interessante Ergebnisse: Holthusen fand in dem Bereich zwischen 186 kv., 1 mm cu. + 1 mm Al. (HWS. 1,27 mm Cu) bis 64 kv. 6 mm Cartonfilter (HWS. 0,05 mm Cu) keinerlei Änderung der R Zahl für die H. E. D. Stühmer, der als Einziger neben Holthusen, Zahlen für die in der Oberflächen-Therapie üblichen Strahlenqualitäten gibt, fand bei 6 Strahlensorten eine Abnahme der für die HED

nötigen R-Zahl mit der Härte (82 KV ohne Filter: 270 R; 82 KV 4 mm Al: 600 R). Erwähnenswert ist noch Siekmann, der einen ganz geringen Gang im entgegengesetzten Sinne wie Wintz und Rump und Glaßer und Meyer fand. Klein und Gärtner untersuchten die Röntgenstrahlen zwischen HWS 0,12—0,002 Cu (nach Reißner und Neef) und fanden gleiche Wirkung auf die Haut für alle Wellenlängen. Glasser und Meyer, die sich in mehreren Untersuchungen mit der Frage beschäftigten, fanden, daß von einer HWS von 1,8 cm in Wasser die R/HED nach beiden Seiten ansteigt, bedeutend stärker nach der harten Seite. Wintz und Rump fanden ebenfalls ein Ansteigen der R/HED mit der HWS. Weitere Autoren, die einen Einfluß der Wellenlänge fanden, sind Siewert im gleichen Sinne und Schreus und Schönholz — abgesehen von einer anfänglichen Abnahme — in entgegengesetztem Sinne wie Wintz und Rump. Außerdem noch Gawalowsky und Gunsett und Spack. Determann, Jakobi und Holthusen, die Korrekturen für Luftabsorbtion und Intensitätsverminderung im Cellonfenster der Küstnerkammer bis zu 15 % fanden, bemerkten keinen Gang der R-Empfindlichkeit der Haut mit der Härte (64 KV Kartonfilter 0,06 mm Cu HWS; 186 KV 1,0 mm Cu + 1,0 mm Al 1,32 Au HWS Feldgröße 3×3 cm). Diese Feststellungen fand Heß bestätigt, der bei Reduzierung auf rückstrahlungsfreie Grundstrahlung innerhalb der biologischen Empfindlichkeitsgrenze von ± 10 % keinen Gang der R/HED mit der Strahlen-Qualität fand. Glocker, Hayer und Jüngling untersuchten den Einfluß der Wellenlänge auf den Ablauf der Wellenform des Erythems. Heß fand bereits, daß die 3. Welle früher einsetzt und rascher abfällt, als bei harter Strahlung. Die genannten Autoren fanden aber ein völliges Übereinstimmen der weichen und harten Strahlen in ihrer Wirkung auf den wellenförmigen Ablauf des Erythems. Außerdem stellen sie fest, daß nur bei kleinen Dosen (300 R) die weiche Strahlung wirksamer erscheint als die harte — stärkeres Erythem —, während bei großen Dosen (900 R) die Unterschiede fortfallen.

Worauf nun diese außerordentlich divergierenden Befunde zurückzuführen sind, suchen Reißner und Neef zu klären. Sie finden zunächst ein Paralellgehen der Jonisation mit der zur Hauttoleranzdosis benötigten R-Zahl bis zu einer HWS von 0,2—0,3 mm Cu. Danach erfolgt ein starkes Absinken der Kurve, die die R-Zahl anzeigt. Sie kommen auf Grund ihrer Erfahrungen, die sie bei der Bestrahlung sehr zahlreicher Patienten sammeln konnten, zu dem Ergebnis, daß bei Berücksichtigung aller Fehlerquellen und genauestem Einhalten der Versuchsbedingun-

gen sich eine Einigung über die Frage der Beziehung der Strahlenqualität zu biologischer Wirkung erzielen lassen müsse. Weiter unten wird auf diese Fehlerquellen noch eingegangen werden. Es ist noch die Frage des Unterschiedes zwischen HED und Hauttoleranzdosis von Bedeutung. Auf die Verschiedenheit dieser Begriffe hat Schreus hingewiesen, und Holthusen glaubt, daß dieser Unterschied von harten nach weichen Strahlen immer größer wird.

Wir müssen noch einen Überblick geben über die uns vor allem interessierenden Verhältnisse bei den Grenzstrahlen. Wir haben hier keine exakten Angaben über die der Erythemdosis entsprechende Strahlenmenge besonders aus der ersten Zeit ihrer therapeutischen Verwendung zu erwarten, da die Dosimetrie dieser langwelligen Strahlen noch nicht ausgebaut war. Aber auch nach Einführung der Grenzstrahlkammer (Küstner, Rajewsky u. a.) divergieren die Angaben um 400—500 %. Heß benötigte, wie einer Arbeit Reißners zu entnehmen ist, 1400 R; während beispielsweise Rajewsky und Gabriel, deren R-Dosen mit der kleinen Jonisationskammer nach Rajewsky gemessen waren, schon 225 R als die der HED entsprechende Dosis glaubten ansprechen zu müssen. Klövekorn, der Angaben über die Schwächung der benutzten Grenzstrahlen in Cellon macht (in 0,2 mm Cellon 32 % Schwächung) erzielte mit 1480 R ein Erythem nach 72 Stunden. Auf dem Dermatologenkongreß in Bonn 1927 berichtete Mannheimer über Untersuchungen, die sie am Holthusen'schen Institut in Bestätigung von Versuchen von Haußer und Schlechter gemacht hatte. Danach erhält man mit der Grenzstrahlung bei einer bestimmten Dosis ein Erythem, diese Dosis kann man „verdoppeln und verzehnfachen „und erhält immer nur ein Erythem. Reißner, der ebenfalls die gleich noch zu erwähnenden Ergebnisse Haußers und Schlechters bestätigt, findet in allerjüngster Zeit dasselbe. Die Erythembreite der Grenzstrahlen ist außerordentlich groß. Während der Schwellenwert bei etwa 400 r liegt, erzeugen auch 5000 r nur ein starkes Erythem. Das scheint die Verschiedenheit der Beobachtungen über das Erythem mit Buckystrahlen zu klären. Es ist eben erforderlich, ganz bestimmte und zwar beginnende Rötungsgrade, also Schwellenwerte, festzulegen, um zu vergleichbaren Resultaten zu kommen. Schon früher hatten Haußer und Vahle Untersuchungen über das Hauterythem mit ultraviolettem Licht angestellt. Bei kurzwelligem U.V.-Licht 254 steigt bei Applikation einer größeren Dosis das Erythem langsam, während bei Vermehrung der Dosis bei längerwelligem U.V.-Licht das Erythem sehr steil ansteigt. Wie

bei langwelligem U.V. Licht verhält sich das Erythem bei den Röntgenstrahlen, wie Haußer und Schlechter durch Analogie schlossen, während sie durch Versuche zeigten, daß das Grenzstrahlerythem sehr langsam ansteigt. Also: man erhält bei einer bestimmten eingestrahlten Energie den Rötungsgrad 1, weniger als das Doppelte dieser Energie erzeugte bei den harten Röntgenstrahlen schon den Rötungsgrad 5, während das zehnfache dieser Energie bei den Bucky-Strahlen „auch nach Wochen nicht zur Blasenbildung" führte. Es verläuft also die Schädigungskurve für die menschliche Haut bei harten Röntgenstrahlen sehr steil, bei Grenzstrahlen dagegen flach. Auf die Auswirkung dieser Feststellung auf die Weichstrahltherapie und die Eignung des Begriffes HED für dieselbe soll hier nicht näher eingegangen werden. Es lag nahe, nachzuforschen, ob sich andere biologische Objekte den Buckystrahlen gegenüber ähnlich verhalten wie die menschliche Haut.

Es soll der Zweck der folgenden Ausführungen sein, festzustellen, ob die große therapeutische Wirkungsbreite, die Hausser und Schlechter für die Haut fanden, auch für vicia faba equina vorhanden ist. Gleichzeitig galt es, nochmals darzutun, daß die Schädigungskurve von vicia faba equina bei dem in der Oberflächentherapie gebräuchlichen Strahlungsbereich gleich oder ähnlich der der Haut verläuft. Während der Vorversuche zu dieser Arbeit erschien die Veröffentlichung von Lachmann und Strubbe, die dieselbe Fragestellung behandelt. Bevor auf die Arbeit der obengenannten Autoren näher eingegangen wird, müssen wir noch kurz auf die Literatur über das Verhalten anderer biologischer Objekte auf die Strahlenqualität eingehen.

Auch hier können wir uns darauf beschränken, die nach Einführung der Behnken'schen R-Einheit erzielten Resultate zu nennen. Denn man braucht nur an die große Umfrage Küstners über die an verschiedenen deutschen Instituten zur Erreichung des Erythems benötigte R-Zahl zu erinnern, um einen Vergleich der vor dieser Zeit gelegenen Ergebnisse als oft unmöglich erscheinen zu lassen. Zum erstenmale versuchten Meyer und Ritter, die Frage nach der biologischen Wirkung verschieden harter Röntgenstrahlen experimentell am biologischen Objekt (Pflanzen) zu klären. Wood bestrahlte Ratten und Mäusetumoren und konnte einen Unterschied bezgl. der Strahlenqualität nicht finden.

Kurz beschrieben sei hier die Methode der Untersuchung an Askarideneiern, das neben v. f. e. wohl am meisten benutzte biologische Objekt. Perthes führte sie 1904 in die Röntgenbiologie ein und Holthusen baute später die Methode aus. Die Pferdespul-

würmer werden möglichst frisch aus der Schlächterei bezogen. Die Eier werden den Eischläuchen entnommen und auf Zelluloidplatten, mit Wasser gemischt, bestrahlt. Es werden Eier gleicher Reife genommen, indem nur das Ende des Eischlauches mit der Nadel ausgedrückt wird. Nach der Bestrahlung werden sie in feuchten Kammern vier Tage im Brutschrank gebrütet. Es werden dann bis zu 500 Eier ausgezählt und die prozentuale Schädigung festgestellt, denn je nach der Dosis ist ein Teil der Embryonen entartet. Zweifellos ist dieses Objekt, bei der sehr geringen Dicke der absorbierenden Schicht und da das Gesetz der großen Zahl erfüllt ist, der v. f. e. überlegen. Holthusen, der zuerst zu etwas anderen Resultaten gekommen war, findet nachher (1926) keinen Einfluß der Wellenlänge bei gleichem jonometrischen Effekt auf das Schädigungsbild der Askarideneier. Es sei hier eingefügt, daß Holthusen überhaupt der Ansicht ist, daß im ganzen Röntgenstrahlenspektrum kein Unterschied der verschiedenen Wellenlängen in ihrer biologischen Wirkung besteht. Zuppinger, der an Askarideneiern in einer sehr eingehenden Arbeit unter exakten Bedingungen Untersuchungen anstellt, kommt zu dem Schluß, daß bei Dosierung mit dem Küstner'schen Eichstandgerät die Strahlungen von 10 bis 60 KV ∅ Filter annähernd gleich seien, während nach den härteren Strahlungen die biologische Wirkung zunähme. Möglichst homogene Strahlung sucht Dognon herzustellen und vergleicht dann drei Qualitäten miteinander: von einem Minimum der Wirkung auf Askaris bei 0,70 AE steigt nach der kürzeren (0,22) und der längeren Wellenlänge (1,54 AE) die Wirksamkeit der benutzten Strahlung bei gleichem jonometrischem Effekt. Bolaffio verglich zwei Strahlungen miteinander und kam zu dem Ergebnis, daß doch wohl eine verschiedene pharmakodynamische Wirkung verschiedener Strahlenqualitäten besteht. Auf die Mitosen der Salamanderkornea hat die Wellenlänge (200 KV 1 mm Cu; 100 KV 1 mm Al) nach Bestrahlung mit gleichen Dosen keinen Einfluß (nach Alberti). Packard findet z. T. mit Lauritsen auf Drosophilaeier bei gleichen Dosen völlige Unabhängigkeit von der Wellenlänge (Wellenlängen: 0,20 AE; 0,45 AE; 0,6—0,73 AE).

Bei gleicher Jonisationswirkung auf das Küstner-Gerät fanden Gunsett und Spack bei der Bestrahlung von Linsen (200 KV 2 mm Cu + 2 mm Al., 200 KV 0,5 mm Cu + 1 mm Al; 120 KV ∅ Filter) durch die weichen Strahlen ein stärkeres Zurückbleiben des Wachstums. Einem Referat Simons über eine Arbeit Ponzios ist zu entnehmen, daß letzterer der Ansicht ist, daß bei den Wellenlängen 1—7 AE die Wirkung auf biologische Objekte sowohl

in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht verschieden ist. Glocker, Hayer und Jüngling, deren Erythemversuche wir schon erwähnten, finden dieselben Verhältnisse für Vicia Faba Equina bestätigt. Dall'Acqua und Antoni finden, daß die Sensibilität der Bakterien als Funktion der Wellenlänge, mit größer werdender Wellenlänge zunimmt.

Auch chemisch wurde die Wirkung der Röntgenstrahlen verschiedener Härte z. B. von Fricke und Petersen und Fricke und Morse untersucht. Theoretisch suchen sie nachzuweisen, daß in den verwandten Lösungen die Wirkung harter Strahlen zu gering ausfällt wegen des Compton Effektes. Abgesehen von dieser Korrektur ist die chemische Wirkung harter und weicher Strahlen gleich. In allerletzter Zeit stellte Hoffmann an Protozoen fest: „weder in anatomischer noch vitalfärberischer Hinsicht" ist ein „qualitativer, quantitativer oder zeitlicher Unterschied" der Strahlenqualität, verglichen mit der Jonisation, vorhanden.

Es ist ihm Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, eine vollständige Literaturübersicht über die behandelte Frage zu geben. Im Vorstehenden wurde versucht, die wichtigsten Ergebnisse darzulegen.

Daß Vicia Faba equina ein sehr gutes Objekt für biologische Strahlenuntersuchungen ist, kann nach den zahlreichen Autoren, die sie für ihre Versuche benutzten, nicht zweifelhaft sein. Es sei kurz festgestellt, in wieweit sie den Bedingungen, die biologische Objekte zu erfüllen haben, entsprechen. Die Forderungen, die an ein biologisches Objekt zu stellen sind, sind schon des öfteren zusammengefaßt worden (Holthusen und Zuppinger). Wir entnehmen einer Arbeit Zuppingers folgende Zusammenstellung:

1. Es muß auf kleine Dosen genügend scharf ansprechen,
2. Dosenunterschiede müssen mit der nötigen Feinheit abgelesen werden können,
3. Das Gesetz der großen Zahl muß erfüllt sein,
4. Das Material muß homogen sein bezgl. des Entwicklungsstadiums und der genotypischen Grundlage,
5. Die Empfindlichkeit soll konstant sein,
6. Die Empfindlichkeit muß von äußeren Bedingungen unabhängig sein,
7. Die Resultate müssen sich leicht deuten lassen,
8. Versuchsbedingungen müssen variable sein, und
9. soll das Objekt leicht zu beschaffen sein.

Der größte Einwurf, der sich gegen die Bohnenmethode machen läßt, ist, daß sich das Gestz der großen Zahlen nicht er-

füllen läßt. Lachmann und Stubbe suchen dies zu umgehen, indem sie hintereinander mehrere Serien derselben Dosis aussetzen. Bolaffio, dessen ausgedehnte Versuche an v. f. e. wir schon erwähnten, findet oft bei einer Gruppe sehr starke individuelle Unterschiede. Zuppinger erklärt dieses aus den Gesetzen der Variation, und fordert variationsstatistische Auswertung biologischer Versuche. Lachman und Stubbe, die in ihrer Arbeit vorstehende Bedingungen sehr genau untersuchen, kommen mit Recht zu dem Schluß, daß sich Punkt 1 und 6 kaum miteinander vereinigen lassen; denn es wird sich natürlich kein biologisches Objekt finden lassen, das auf eine Schädigung von außen, wie sie doch die Röntgenstrahlen darstellen, schon leicht anspricht, während es auf der anderen Seite wiederum von solchen Einflüssen unabhängig sein soll. Daß unser Objekt den andern Anforderungen Genüge tut, ergibt sich aus dem Folgenden.

Die Bohnen wurden vorbehandelt nach der Methode Jünglings und Björlings: etwa gleich große Bohnen wurden 24 Stunden in Wasser gequollen, darauf 48—60 Stunden in harzfreies Buchenholz-Sägemehl gebracht. Es ist darauf zu achten, daß die Bohnen in dem Sägemehl sich mit dem Keimfleck nach unten befinden. Zu den Versuchen wurden Bohnen benutzt, deren Keime 15—20 mm lang waren. Die ersten Bohnen stammten von der landwirtschaftlichen Hochschule in Poppelsdorf und waren 3—4 Jahre alt. Nachdem in der Arbeit von Lachmann und Stubbe mit Recht eine genotypische Einheitlichkeit des Materials verlangt wurde, wurden die Bohnen von der Firma Meyer in Friedrichswert bezogen, von wo auch die oben genannten Autoren ihr Material hatten. Schon Jüngling hatte in einer seiner ersten Arbeiten festgestellt: „Für ein praktisches Arbeiten kann aus diesen Versuchen entnommen werden, daß zwischen Samen der Vicia Faba Equina verschiedener Herkunft und verschiedenen Alters ein nennenswerter Unterschied in der Röntgenstrahlenempfindlichkeit nicht besteht.“ Es ließ sich feststellen, daß sowohl mit den 3—4 Jahre lagernden Samen als auch mit den vorjährigen gleiche Versuchsergebnisse erzielt wurden. Für die in dieser Arbeit verwandten Versuche wurden jedoch nur die letzterwähnten Samen benutzt.

Während der Bestrahlung wurden die Keime nach den Angaben von Glockner, Hayer und Jüngling auf feuchte Gase gelegt, die in einen Rahmen gespannt war, und bei den Strahlungen 1, 2, 3 (s. unten) auch mit feuchter Gase bedeckt. Bei der Grenzstrahlung wurden die Bohnen unbedeckt bestrahlt, um Absorption der Strahlen in der Feuchtigkeitsschicht zu verhüten. Da die

längste Bestrahlungsdauer bei der Buckystrahlung 21 Minuten betrug, dürfte eine Fehlerquelle durch Austrocknen der Keime nicht entstanden sein. Kontrollversuche, in denen die Keime erst gepflanzt wurden, nachdem sie 30 Minuten der Luft ausgesetzt waren, zeigten keine anderen Ergebnisse als die sofort gepflanzten Bohnen. Die Bohnen selbst waren durch eine Bleischeibe verdeckt, in deren Mitte ein Loch ausgespart war. In dieses ragten die Wurzelspitzen während der Bestrahlung hinein. Die Aussparung selbst wurde durch einen Bleistreifen bedeckt, der erst nach Erreichung der erforderlichen Strahlungsbedingungen an der Schalttafel weggezogen wurde. Um eine Fehlerquelle durch verschiedene Bestrahlungszeiten zu vermeiden, wurden die Zeiten bei den drei ersten Strahlungen annähernd gleich gewählt und die Abstände entsprechend geändert. Das ließ sich jedoch wegen der großen Verschiedenheit der Dosen nur im Verhältnis 1:6 durchführen. Die längste Bestrahlungszeit war also 6mal so lang als die kürzeste. Es müßte also das Bunzen-Roscoe'sche Gesetz für Röntgenstrahlen stimmen, das besagt, daß die Wirkung allein abhängt von dem Produkt Intensität mal Zeit. Dies ist nach den Untersuchungen von Glocker, Rothacker und Schönleber der Fall, jedenfalls im Verhältnis 1:10. Bei der Grenzstrahlung war der Unterschied in der Bestrahlungsdauer größer, denn da schon Veränderung der Luftschichten von 5 auf 15 cm die HWS deutlich vergrößern (Meyer), konnten die Abstände kaum verändert werden.

Nach der Bestrahlung wurden die Bohnen in Zinkkästen mit Glaswänden gebracht, die mit Sägemehl gefüllt waren (Abb. 37 bei Schreus „Die Dosimetrie der Röntgenstrahlen" in Jadassohn „Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten" Bd. 5, H. 2, S. 353). Das für die Versuche benutzte Sägemehl wurde vorher durch 20 Minuten langes Kochen sterilisiert. Vom Sägemehl waren die Keime durch harzfreies Filtrierpapier getrennt, vor der Füllung der Kästen wurden zwischen Glaswand und Filtrierpapier etwa 2 mm dicke runde Holzstäbchen in Abständen von 2 cm gelegt. Das feuchte Filtrierpapier legt sich in den Zwischenräumen recht gut an das Glas an, so daß Rillen entstehen, in denen die Wurzeln, nachdem die Holzstäbchen herausgezogen sind, senkrecht nach unten wachsen. Auf diese Weise wurden für die Wurzelspitzen fast gleichförmige Wachstumsbedingungen geschaffen. Lachmann und Stubbe glauben durch den ungleichen Druck des Mediums auf die Glaswände und den ungleichen Widerstand, den die Wurzelsitze zu überwinden hat, ungenaue Ergebnisse zu erzielen. Sie lassen daher ihre Bohnen in Wasser

wachsen, legen sie auf Sperrholzplatten und lassen die Wurzeln in Glasröhrchen, die ins Wasser hineinragen, wachsen. Hierdurch haben sie den Vorzug eines absolut homogenen Mediums. Wir ließen etwa 70 Bohnen unter den Bedingungen, wie sie die beiden Autoren angeben, in Wasser wachsen. Es zeigte sich, daß diese sämtlich am 7. Tage kürzer waren, als die in Sägemehl gewachsenen Kontrollen. So war z. B. die durchschnittliche Länge von 15 Bohnen in Wasser am 7. Tage 120,5 mm, in Sägemehl 218,4 mm. Die Kästen waren aufgestellt in einem dunklen Raum, durch den Heizungsrohre liefen, die Temperatur betrug min. 25, max. 28 Grad Cels. Alle 12 Stunden wurde in die Kästen die gleiche Menge Wasser gegeben, so daß die Feuchtigkeitsunterschiede konstant gehalten wurden. Auf eine Fehlerquelle sei hier hingewiesen. Es wurde ein Kasten Kontrollpflanzen einmal täglich mit 250 ccm Wasser begossen, ein anderer 2mal täglich mit 1000 ccm. In der größeren Feuchtigkeit zeigte sich zwischen dem 3. und 7. Tag ein 50 % größerer Wachstumzuwachs als bei den weniger feuchten Bohnen. Es ist also unbedingt erforderlich, allen Bohnen genau die gleiche Menge Wasser zu geben und dieses noch möglichst gleichmäßig über den Kasten zu verteilen.

Die vier benutzten Strahlungen wurden folgenden Apparaten entnommen:

1. einem Heliodor-Apparat der Firma Siemens-Reiniger-Veifa 110 KV max. am Schalttisch 2 MA; 3 mm Al. Filter; gemessene HWS 7,5 mm Al.
2. Demselben Apparat mit derselben Spannung ohne Filter; gemessene HWS 0,4 Al.
3. Einen Hochspannungs- und Strahlensicheren „Metallix" Hauttherapie-Apparat der Philips-Werke 45 KVS; gemessene HWS 0,2 mm Al.

Ueber die konstante Strahlenausbeute dieses Apparates, der als automatisches Regulierorgan eine Eisenwasserstoffwiderstandslampe hat, hat kürzlich Schreus berichtet.

4. Einer Grenzstrahlapparatur der Sanitas-Elektrizitätsgesellschaft mit Müller-Röhre 9 KV 10 MA. HWS 0,021 mm Al.

Dosiert wurden die Strahlungen 1, 2, 3 mit dem Küstner'schen kleinen Eichstand-Gerät mit Löffelkammer für die Hauttherapie im Bestrahlungsabstand. Es wurde beachtet, daß bei den Messungen die Kammer entweder frei schwebte oder aber die Rückseite der Kammer durch eine angesetzte Bleihülse geschützt war, damit keine Streustrahlen von hinten in die Kammer fallen (Schreus). Die Grenzstrahlung wurde gemessen mit dem mit Grenzstrahlkammer ausgerüsteten Mekapion, dessen Werte bis auf ± 1 % mit

einem ebenfalls mit geeichter Grenzstrahlkammer versehenen Hammerdosimeter gut übereinstimmten.

Bei der Auswertung der Versuche wurde zunächst versucht nach Jünglings ursprünglichen Angaben zu verfahren. Jüngling benutzte folgende Merkmale für die Feststellung des Grades der Schädigung:

1. Der Unterschied im täglichen Längenwachstum der bestrahlten Bohnen und der Kontrollen.
2. Die Zeitdauer zwischen Bestrahlungstag und dem Tag des Auftretens der Seitenwurzeln.
3. Die räumliche Verteilung der Seitenwurzeln über die Triebläge.

Es zeigte sich jedoch sehr bald, daß die Bedingungen unter 2 und 3 zu exakten Beobachtungen, vor allem bei den teilweise benutzten hohen Dosen, nicht verwendet werden können. Denn schon bei Dosen von 400 r an treten Seitenwurzeln gar nicht mehr auf, so daß Punkt 3 illusorisch wird. Jüngling verwendet außerdem den Begriff „total geschädigte Bohnen" d. h. solche, „die bis zum 14. Tag nach der Bestrahlung weder Seitenwurzeln noch eine neue Wurzelspitze angesetzt haben." Björling weist mit Recht darauf hin, daß dabei gerade die abnorm röntgensensiblen Exemplare erfaßt werden. Er führt deshalb den Begriff „Restprozent Vitalität" ein. Diese Ziffer erhält er so, daß die durchschnittliche Wachstumzunahme der bestrahlten Bohnen vom 3. bis 7. Tag dividiert wird durch die Wachstumszunahme der Kontrollen in derselben Zeit. Dieses Maß wurde für unsere Versuche benutzt und auf ein Verwerten des Auftretens der Seitenwurzeln und deren Verteilung verzichtet. Nun glaubt Björling bei dem Begriff Restprozent Vitalität nur mit kleinen Dosen operieren zu können. Wir konnten wie auch Lachmann und Stubbe beobachten, daß bei großen Dosen doch noch bis zum 4. Tag ein gewisses Längenwachstum vorhanden ist, so daß bei exakter Messung auch die höheren Dosen noch mit genügender Genauigkeit auf ihre biologische Wirkung untersucht werden können. — Es scheint überhaupt nicht zu gelingen, durch noch so hohe Dosen ein momentanes Absterben zu erzwingen, denn nach 72 000 r kamen nach Schlechtmann und Klupfel die Askarideneier genau wie nach 400 r erst nach 24 Stunden zum Absterben. — Natürlich haben die höheren Dosen für die harten Strahlen bei 600 r ihre obere

Grenze, da bei größeren Dosen die Schädigung nicht mehr meßbar kleiner werden kann. Björling macht darauf aufmerksam, daß sein Maß der Bohnenschädigung natürlich nur ein relatives Maß sei und nicht Bohnen, die zu verschiedenen Zeiten bestrahlt seien, miteinander verglichen werden können. Wenn das in der vorliegenden Arbeit doch geschieht, so ist der Grund hierfür, daß wir uns bemühten, sehr konstante Versuchsbedingungen (Beleuchtung, Feuchtigkeit, Temperatur) einzuhalten, und wir nicht glauben, daß jahreszeitliche und tageszeitliche Schwankungen im Wurzelwachstum Faktoren sind, die das Ergebnis der Versuche wesentlich beeinflussen. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß irgend eine Bohnendosis als absolutes biologisches Maß verwertet werden könnte. Das zeigt schon die Verschiedenheit der Wachstumszunahme der Kontrollen: bei Björling 119 mm, bei Lachmann und Stubbe 65,7 mm, bei uns 97,6 mm. Einheitliche Versuchsbedingungen der verschiedenen Untersucher werden sich aber nie erreichen lassen. Die Bohnen wurden also am 3. und am 7. Tag gemessen. Am 3. Tage wurde mit dem Fettstift an der Glaswand der Stand markiert: Es wurde darauf geachtet, daß jedesmal zur selben Tageszeit gemessen wurde. Da sich mit Bruchteilen von mm schlecht operieren läßt und die Anwendung des Nonius sich bei Visieren durch die Glaswand als ungeeignet erwies, wurde so verfahren, daß abwechselnd je ein Meßergebnis nach oben und nach unten auf den vollen Millimeter abgerundet wurde.

Das Ergebnis unserer Versuche sei in folgender Tabelle zusammengefaßt:

A. Grenzstrahlung.

Dosis in r	Wachstumsz. 3-7 Tg.	Restpr. Vitalität
unbestrahlt	97,6 mm	100
50	109 „	111,5
100	93,3 „	95,5
200	87,1 „	89,2
300	60,3 „	61,7
400	51,28 „	52,6
500	32,5 „	33,6
600	21,0 „	21,5
1200	5,9 „	6,4

Dosis in r	Wachstumszunahme vom 3.—7. Tag 110 KV 3 mm Al	110 KV ⌀ F.	45 KV ⌀ F.
unbestrahlt	97,6 mm	97,6 mm	97,6 mm
100	49,3 „	48,1 „	62,2 „
200	18,7 „	18,3 „	21,1 „
250	8,3 „	9,6 „	10,2 „
400	5,3 „	2,6 „	4,37 „
600	1,85 „	1,5 „	1,4 „

Wir können in dieser 2. Tabelle darauf verzichten, die Restprozente Vitalität anzugeben, denn da die Wachstumszunahme der Kontrollen nur wenig kleiner ist als 100, wird der Wert der ersteren immer ein geringes höher sein als die jeweilige Wachstumszunahme der Kontrollen. Variationsstatisch läßt sich unser Material nicht auswerten bei 30 bis 40 Exemplaren pro Serie. Andererseits würde durch eine Vermehrung der Zahl der Bohnen eine Aenderung des Resultates nicht zu erwarten sein, so daß bei einem Objekt, das schon auf 10%ige Dosenunterschiede deutlich reagiert, 30 bis 40 Exemplare genügen. Dies beweisen auch die Kontrollen, die bei einer Serie fast genau dasselbe Mittel an Wachstumszunahme zu verzeichnen haben, als bei Zusammenfassen aller Serien.

Es zeigt sich also ein deutlicher Unterschied zwischen den Grenzstrahlen und den harten Röntgenstrahlen. Die erhaltenen Werte für die vier Strahlungen ordnen sich mit genügender Geneuigkeit auf 2 Kurven an. Die eine Kurve für die Grenzstrahlung würde flach verlaufen. Die zweite Kurve wird gebildet durch die Strahlungen 1, 2, 3 und verläuft steil. Nur die kleinen Dosen der 45 KV Strahlung scheinen eine etwas geringere biologische Wirkung zu haben. Obschon der Unterschied in den Halbwertschichten zwischen den Strahlungen 1 und 3 größer ist als zwischen 3 und 4, kommt doch nur der Strahlung 4 eine besondere Stellung bezgl. ihrer biologischen Wertigkeit zu.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Lachmann und Stubbe und schlossen daraus nun folgendes: „So ergeben unsere Untersuchungen an einem experimentell viel besser zugänglichen Objekt, einem Vielzeller, im Wesentlichen eine Bestätigung der für

die Haut gefundenen Gesetzmäßigkeiten". Wir glauben jedoch, zu anderer Auffassung kommen zu sollen. Nach Hausser und Schlechter erzeugt das 10fache der Grenzstrahldosis für den Röntgengrad 1 (also etwa 5500 r) dieselbe Schädigung, die schon das Anderthalbfache der harten Röntgenstrahlen hervorruft. Aus der schon erwähnten Arbeit Reißners ist dasselbe zu ersehen: „eine starke Rötung erzielt man bei harter Röntgenstrahlung etwa mit dem 5fachen, bei der Grenzstrahlung etwa mit dem 10- bis 12fachen Schwellenwert." Der Schwellenwert der Buckystrahlung liegt nach Reißner bei 400 r. Aus unseren Tabellen ist ersichtlich, daß schon 1200 r der Grenzstrahlen auf Bohnen dieselbe schädigende Wirkung haben, wie 400 r der harten Strahlen, also schon das Dreifache. Wenn man bedenkt, daß die Bohnen im Gegensatz zur Haut ohne Rückstreuung bestrahlt werden, so würde eine hierfür noch anzusetzende Korrektur den schädigenden Dosenbereich bei Bohnen und Haut noch mehr annähern.

Es ergibt sich also, daß die Schädigungsdosis für Grenzstrahlen bei Bohnen nicht viel anders ansteigt, als die der Haut bei härteren Strahlen. Das ist ja auch kaum anders zu erwarten. Eingangs wurde schon erwähnt, daß nach Schreus der Sensibilitätskoeffizient der Haut eine starke Abhängigkeit von der Strahlenhärte zeigen muß. Je nachdem, wie stark die in der Tiefe laufenden Gefäße von der Strahlung noch mitbetroffen werden, wird eine größere oder geringere Schädigung einsetzen. Bei den weicheren Grenzstrahlen wird die Schädigung der Haut als Funktion der Strahlenhärte also besonders auffällig werden müssen, d. h. nur geringe Abhängigkeit von der eingestellten Dosis zeigen. Von den Grenzstrahlen werden in der Haut nach Durchstrahlung von 3 mm schon über 90 % absorbiert (Reißner), in 0,6 mm Schichtdicke schon 50 %, so daß also die tieferen Gefäßschichten nicht mehr oder nur in sehr geringem Maße betroffen werden. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den Bohnen. Die Wachstumshemmung tritt auf durch ein Langsamerwerden bezw. Sistieren der Mitosen im Vegetationspunkt (Jüngling und Langendorf, Packard). Der in der Spitze gelegene Vegetationspunkt liegt, bei einer Gesamtdicke der Spitze von 0,6 mm (Lachmann u. Stubbe) in einer Tiefe von etwa 0,2 mm, wird also von der Grenzstrahlung noch sehr gut erreicht und muß auch bei den weichen Grenzstrahlen eine Abhängigkeit der Reaktionsstärke von der Dosis zeigen wie etwa die Haut von härteren Strahlen. Die Richtigkeit unsers Erklärungsversuches müßte erwiesen werden können durch Bestrahlungsversuche an noch dünneren biologischen Objekten (Askarideneiern, Fliegenlarven) und auf der anderen Seite an

wesentlich dickeren. Letztere würden dann ähnliches Verhalten zeigen müssen wie die Haut bei Grenzstrahlen, während bei den dünneren die Paralellität der Reaktion mit der Dosis der der Haut bei harten Strahlen immer ähnlicher werden müßte. —

Die 50 r Dosis der Grenzstrahlen erzeugte eine größere Wachstumszunahme als die Kontrollen sie zeigen. Daraus soll nicht eine so schwer wiegende Frage wie die der Röntgenstimulation entschieden werden, denn die Zahlen genügen bei weitem nicht. Auch liegen die Unterschiede noch im Bereich der „spontanen Variation". Nach Schwartz ist bei Verwendung von Tausenden Exemplaren eine Reizwirkung nicht festzustellen. Schwarz, der noch Scepa, Schindler, Miescher und Elshorn zitiert, die dasselbe fanden, glaubt, daß alle Autoren, die eine stimulierende Wirkung kleiner Dosen fanden „den Faktor der fluktuierenden Variabilität nicht berücksichtigen".

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Schreus für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine wertvollen Ratschläge meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

Alberti, W.: Die Frage der biologischen Wirkung harter und weicher Röntgenstrahlen in ihrer Beziehung zur Röntgentherapie des Hautcarcinoms Strahlentherap. 23, 1926, 31.

Alberti, W. und Pollitzer, G.: Das zweckmäßige Intervall bei mehrzeitiger Bestrahlung maligner Tumoren. Strahlenth. 21, 535, 1926.

Dall'Acqua u. de Antoni: Ricerche sperimentale sull' azione battericida delle radiazioni di diversa lunghezza d'onda. Radiol. med. 18, 869, 1931. zit. n. Zentralbl. d. ges. Radiologie 11, 413, 1932.

Behnken, H.: Maßnahmen zur Standardisierung der Röntgendosismessung in Deutschland. Strahlenst. 20, 115, 1925.

Bumm u. Warnekros: Heilung tiefliegender Carcinome durch Röntgenbestrahlung von der Körperoberfläche aus. Münch. med. Wo. 1914, Nr. 29.

Björling, E.: Eine biologische Einheit bei Dosierung der Röntgenstrahlen. Strahlenth., 36, 751, 1930.

Bolaffio, M.: Versuche zur luftelektrischen und biologischen Wirkung von Strahlen verschiedener Wellenlänge. Strahlenth. 20, 673, 1925.

Bucky, G.: Reine Oberflächentherapie mit überweichen Röntgenstrahlen. Münch. med. Wschr. 71, Nr. 20, 802—806, 1925.

Bachem, A.: Zur praktischen Dosierung der Röntgenstrahlen verschiedener Härte. Strahlenth. 13, 605, 1922.

Crowther, I. A.: X-rays and living matter. Nature Bd. 118, Nr. 2059, 86, 1926.

Determann, A., Jacobi, H. und Holthusen, H.: Die Erythemwirkung verschiedener Strahlenqualitäten auf Grund von Messungen in Röntgeneinheiten mit dem Küstner'schen Eichstandgerät. Strahlenth. 26, 472, 1927.

Fricke, H. u. B., Petersen, W.: Chemische, kolloidale und biologische Wirkungen von Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge in ihrem Verhältnis zur Jonisation in Luft. Strahlenth. 26, 329, 1927.

Fricke, H. und Sterne Morse: Dasselbe, daselbst 26, 749, 1927.

Glocker, R., Hayer, E. u. Jüngling, O.: Ueber die biologische Wirkung verschiedener Röntgenstrahlenqualitäten bei Dosierung in R-Einheiten. Strahlenth. 32, 1, 1929.

Glocker, R., Rothacker, O. und Schönleber, W.: Neue Methoden zur Messung der Tiefendosis im Wasserphantom. Strahlenth. 14, 389, 1923.

Glasser, Otto: Erythemdosen in Röntgeneinheiten. Strahlenth. 18, 141, 1925.

— Dasselbe II. Mitt., daselbst 21, 476, 1926.

Glasser, O. und William Meyer: Dasselbe III. Mitt., daselbst 23, 362, 1926.

— Dasselbe. Strahlenth. 24, 710, 1927.

Gawalowski, K.: Vergleich der französischen und deutschen R-Einheit für die in der Dermatologie angewendeten Strahlungen und Filter. Strahlenth. 30, 575, 1928.

Gunsett, A. et Ch. Spack: s. Zentralbl. f. d. ges. Radiologie 6, 379, 1929.

Heß, P.: Die Härteabhängigkeit der R-Dosen im Vergleich zu äquivalenten Erythemen aller gebräuchlichen Strahlenqualitäten. Strahlenth. 27, 146, 1927.

— Die Erythembreite von Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlängen. Strahlenth. 33, 721, 1929.

Hoffmann: Strahlenhärte u. biologische Wirkung. Strahlenth. 43, 140, 1932.

Hausser, K. W. und Vahle, W.: Die Abhängigkeit des Lichterythems und Pigmentbildung von der Schwingungszahl der erregenden Strahlung. Strahlenth. 13, 41, 1921.

Hausser, K. W. und Schlechter, E.: Hauterythemdosis (HED) als biologisches Maß der Strahlenwirkung. Strahlenth. 27, 348, 1928.

Holthusen, H.: Ueber die biologische Wirksamkeit von Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge Fortschr. Röntgenstr. 27, 213, 1919—21.

— Biologische Dosierung der Röntgenstrahlen mit Ascariseiern. Kli. Wschr. 3, Nr. 5, 185 u. 199, 1924.

— In Lazarus Handbuch d. ges. Strahlenheilkunde, Biologie, Pathologie u. Therapie. Bd. 2, 1. Lieferung 4, 1928.

— Die Wirkungen der Röntgenstrahlen in biologischer Hinsicht. Strahlenth. 18, 241, 1924.

Holthusen, H. und Zweifel, C.: Einfluß der Quantengröße auf die biologische Wirkung verschiedener Strahlenqualitäten. II. Mitt. Strahlenth. 43, H. 2, 249, 1932.

Jüngling, O.: Untersuchungen zur chirurgischen Röntgentiefentherapie. Strahlenth. 10, 501, 1920.

— Die praktische Verwendbarkeit der Wurzelreaktion von vicia faba equina zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit der Röntgenstrahlen. Münch. med. Wschr. 1920, Nr. 40, 1141.

— Röntgenbestrahlung chirurgischer Krankheiten. Hirzel, Leipzig 1924.

Küstner, H.: Die Standardisierung der Röntgendosismessung. Strahlenth. 17, 1. 1924.

— Das Göttinger Eichstandgerät, ein neues, transportsicheres Dosimeter zeitlich konstanter Empfindlichkeit. Strahlenth. 24, 501, 1924.

— Wieviel R-Einheiten entspricht die HED? Strahlenth. 26, 120, 1927.

— Die Dosierung der Bucky'schen Grenzstrahlen nach R-Einheiten mit dem Eichstandgerät. Strahlenth. 27, 124, 1927.

Klein u. Gärtner: Die Erythemdosis in R-Einheiten für die Strahlungen der Oberflächentherapie. Zugleich eine Darstellung der Dosismessungen in R-Einheiten. Fortschr. Röntgenstr. 36, 492, 1926.

Krönig u. Friedrich: Physikalische und biologische Grundlagen der Strahlentherapie. Urban u. Schwarzenberg, Berlin 1918.

Lachmann u. Stubbe: Ueber die biologische Wirkung der Grenzstrahlen verglichen mit harten Röntgenstrahlen. Untersuchungen an vicia faba equina. Strahlenth. 43, H. 3, S. 489, 1932.

Mannheimer, Olga: Bucky's Methode zur Rationalisierung der Röntgenoberflächentherapie. Dermatol. Wschr. 83, 1201, 1926.

Meyer, H. u. Ritter, G.: Experimentelle Untersuchungen zur biologischen Strahlenwirkung. Strahlenth. 1, 172, 1912.

Miescher, G.: Das Röntgenerythem. Strahlenth. 16, 333, 1923.

Packard, Ch.: The Quantitative biological effects of X-rays of different wave lenghts. Journ. of cancer research. Bd. 11, Nr. 1, 1927.

Packard u. C. C. Lauritsen: s. Zentralbl. f. d. ges. Radiologie 10, 794, 1931.

Ponzio, M.: Le radiazioni „limite" e loro azione biologica. s. Zentralbl. f. d. ges. Radiologie 7, 199, 1930.

Ritter, H., Rost, G. und Krüger, R.: Experimentelle Studien zur Dosierung der Röntgenstrahlen mit dem Sabouraud'schen Dosimeter. Strahlenth. 5, 471, 1915.

Regaud, Cl. und Nogier, Th.: Die Einwirkung hoher X-Strahlen-Dosen, welche durch Filtration durch eine 3 und 4 mm dicke Aluminium-Schicht gehärtet werden, auf die Haut und ihre Anwendung in der Röntgentherapie. Strahlenth. 2, 733, 1913.

Rajewski, B. und Gabriel, G.: Untersuchungen an sehr weichen Röntgenstrahlen (sog. Grenzstrahlen). Strahlenth. 30, 308, 1928.

Reisner, A. und Neef, Th. C.: Hauttoleranzdosis und Strahlenqualität. Strahlentherapie 34, 313, 1929.

Reisner, A.: Aussprache zu Hin: Vergleichsmessungen mit deutschen Meßinstrumenten und die Beziehung zwischen R-Einheit und HED bei verschiedenen Strahlenqualitäten. Fortschr. Röntgenstr. 39, 920, 1929.

— Med. Kl. 1930, I 597 u. 637.

— Erythemversuche mit Grenzstrahlung Fortschr. Röntgenstr. Bd. 45. H. 1, S. 74, 1932.

Schreus, H. Th.: Die Dosimetrie der Röntgenstrahlen. In: J. Jadassohn: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten. Bd. 5, II. S. 288. Springer, Berlin 1929.

— Der Stand der Oberflächentherapie. Referat a. d. Kongreß der Deutschen Röntgenges. 1932 in Dresden. Strahlenth. Bd. 44, H. 3, S. 451, 1932.

— Ueber die Eignung des Eisenwasserstoffwiderstandes zum Fetrieb von Oberflächen-Therapie-Apparaten. Strahlenth. 43, H. 3, 577, 1932.

— Grundlagen der Dosimetrie der Röntgenstrahlen. Leipzig: Werner Klinkhardt 1922.

— Die biologische Bestimmung der Rückstreuungswerte bei harten Röntgenstrahlen zur Vermeidung der Meßfehler physikalischer Dosimetrie. Kli. Wschr. 5, Nr. 38, 1762, 1926.

— Die Bestrebungen zur Standardisierung der Röntgenstrahlenmessung nebst Bemerkungen über die Haut als Strahlenmaß. Dermatol. Zeitschr. 49, 225, 1926.

Schreus, H. Th. und Schönholz: Die Toleranzdosen der Haut in Röntgeneinheiten. Strahlenth. 24, 485, 1927.

Schlechtmann, J. und Klupfel, W.: Beitrag zur Wirkung der Röntgenstrahlen auf die biologischen Gewebe. Strahlenth. Bd. 43, H. 4, 792, 1932.

Schwarz, G: Ueber das Reizproblem in der Röntgentherapie. In Lazarus: Handb. d. ges. Strahlenheilkunde, Biologie, Pathologie und Therapie, Bd. 2, H. 1, 46, 1928.

Sievert, R.: Untersuchungen über die an verschiedenen schwedischen Krankenhäusern zur Erreichung des Hauterythems gebräuchlichen Röntgenstrahlenmengen unter Einführung der R-Einheit. Acta radiol. (Stockholm) 7, H. 1/2, 461, 1926.

Wintz, H.: Untersuchungen über den Zeitfaktor. Strahlenth. 42, 591, 1931.

— Der Compton effect in der Tiefentherapie. Strahlenth. 24, 218, 1927.

Wintz, H. und Rump, W.: Biologische Wirkung verschiedener Röntgenstrahlenqualitäten. Strahlenth. 22, 451, 1926.

Wood, C.: s. Fortschr. Röntgenstr. 33, 1024, 1925.

Zuppinger, A.: Radiobiologische Untersuchungen an Ascariseiern. Strahlenth. 28, 639, 1928.

Lebenslauf.

Geboren bin ich, Franz Oehmen, am 5. März 1907 als Sohn des praktischen Arztes Dr. Franz Oehmen in Kevelaer. Ich besuchte die Rektoratschule in Kevelaer und sechs Jahre das humanistische Gymnasium in Opladen. Dort machte ich Ostern 1926 die Reifeprüfung. Meine Studien machte ich zunächst in Freiburg und Kiel. In Kiel bestand ich im Juli 1928 das Physikum. Danach besuchte ich noch die Universitäten in Freiburg und Bonn und verbrachte die letzten Semester an der medizinischen Akademie in Düsseldorf, wo ich am 15. Dezember 1931 die ärztliche Prüfung bestand. Als Medizinalpraktikant war ich acht Monate an der Hautklinik der medizinischen Akademie in Düsseldorf und bin seit dem 1. September an der inneren Abteilung des St.-Norbert-Krankenhauses in Berlin-Schöneberg.